Lane Medical Library

Aus der Universitäts-Kinderklinik in Gießen.
Direktor: Professor Dr. H. Koeppe.

Die Empfindlichkeit der Kinder gegen ultraviolette Strahlen

Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Medizinischen Fakultät

der

Hessischen Ludwigs-Universität zu Gießen

vorgelegt von

Wilhelm Bausch
aus Darmstadt.

Gießen 1932
Druckerei Wilh. Herr

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät zu Gießen

Referent: Professor Dr. Hans Koeppe.

„Das Licht fördert oder das Licht schädigt: beide Möglichkeiten sind da und liegen nicht sehr weit voneinander", sagt Pinkussen in seiner Photobiologie. Ein Zuviel oder ein Zuwenig können dem lebenden Organismus des Menschen sowohl, als auch dem der Tiere, Pflanzen und Bakterien förderlich oder schädlich sein. Licht und Dunkelheit wirken nicht nur entgegengesetzt, sondern es genügt für den Ablauf der Reaktion in der einen oder anderen Richtung schon ein Unterschied in der Wellenlänge des einwirkenden Lichtes. Das Wichtigste vielleicht hierbei ist außer der Art die Menge der Strahlen, die dem betreffenden Organismus zugeführt werden, und die Zeit, in der die Strahlen auf ihn einwirken können.

Mir wurde die Aufgabe gestellt, die Empfindlichkeit der Kinder gegen ultraviolette Strahlen zu untersuchen. Was sind dies nun für Strahlen, und welche Eigenschaften besitzen sie? Jenseits vom Violett des Lichtspektrums liegen für das Auge unsichtbare Strahlen mit einer Wellenlänge unter 360 $\mu\mu$, die als ultraviolette Strahlen bezeichnet werden. Im Verhältnis zu den ultraroten Strahlen haben diese ultravioletten Strahlen keine Wärmewirkung, denn die erwärmenden Eigenschaften nehmen schon im sichtbaren Spektrum vom Rot zum Violett erheblich ab. Umgekehrt nehmen die chemischen Wirkungen des Lichtes, die sich am deutlichsten in der Schwärzung der photographischen Platte zeigen, vom Rot zum Violett hin zu. Noch stärker sind sie bei den U.V.Strahlen, und eine Reihe von wichtigen chemischen Umwandlungen geht unter dem Einfluß dieser Strahlen vor sich.

Wie reagiert nun der menschliche Organismus auf U.V. Strahlen, die mitunter aus therapeutischen Anlässen angewandt werden? Die Einwirkung zeigt sich am deutlichsten in der Entstehung einer Lichtentzündung der Haut, in dem Erythem oder dem Sonnenbrand. Das Charakteristische der Erythembildung, sofern sie noch nicht zu weiteren sekundären Störungen geführt hat, ist die Rötung der Hautstellen, d. h. also eine Hyperämie. Diese Erscheinung, vielfach sehr schnell gefolgt von unangenehmen Begleiterscheinungen, wie Brennen, Jucken, Blasenbildung und Schuppung der Oberhaut hat früher die Annahme hervorgerufen, daß es sich um eine regelrechte Verbrennung handelt, der das Erythem ja auch in vieler Beziehung ähnelt. Diese Anschauung besteht aber nur bedingt zurecht; die Erfahrung vor allem lehrt, daß die Lichtentzündung nicht oder

kaum von den sichtbaren Strahlen, vor allem den Wärmestrahlen erzeugt wird, sondern ausschließlich von den kurzwelligen und zwar den unsichtbaren U.V. Strahlen. Während die durch Wärmestrahlen erzeugte Hautrötung sehr schnell entsteht und ebenso schnell wieder verschwindet, tritt die durch kurzwellige Strahlen erzeugte erst nach mehreren Stunden auf, um dann gegebenenfalls bis zur Bildung des Pigments bestehen zu bleiben. Es ist nun nicht wahrscheinlich, daß die langwelligen Strahlen überhaupt ohne Einfluß auf die Erythembildung, wie auch auf die Pigmentbildung sein sollen.

Das einzige, was wir über die Pigmentbildung wissen, ist, daß sie ein allgemeingültiger Vorgang ist, der sowohl die hellen wie die dunklen Menschen betrifft mit dem einzigen Unterschiede, daß die Pigmentbildung je nach der sonstigen Färbung der betreffenden Individuen graduell verschieden in Erscheinung tritt. Wir wissen ferner, daß es Menschen gibt, welche zur Pigmentbildung nicht befähigt sind, und die auf Lichteinwirkung mit sehr heftigen Reaktionen antworten. Ganz vereinzelt hat man nach zu starker Bestrahlung Temperatursteigerungen beobachtet, die aber stets nach einigen Stunden wieder abklangen.

Angesichts der starken Wirkung, die die von der künstlichen Höhensonne ausgehenden U. V. Strahlen auf die Haut und den ganzen Organismus ausüben, darf die Bestrahlung mit dieser Lampe nur unter genauer Dosierung erfolgen. Es liegt auf der Hand, daß unter den vielen photometrischen, physikalischen, chemischen und photochemischen Untersuchungsmethoden für Strahlenmessung die eine oder andere auch für medizinische Zwecke herangezogen wurde. Die größte Schwierigkeit, welche sich aber bietet, ist die, daß wir es bei allen praktisch angewandten Strahlern um ein Gemisch von Strahlen verschiedener Wellenlängen sowohl im unsichtbaren, wie im sichtbaren Gebiet zu tun haben und wir vorläufig noch gar nicht wissen, ob und inwieweit für jeden einzelnen biologischen Prozeß die verschiedenen Strahlenqualitäten mit oder gegeneinander arbeiten. Für das sichtbare Licht wird man sich unter Umständen der photometrischen Methode unter Vorsetzung entsprechender Filter bedienen können. Ganz besonders für das U. V. Gebiet stellen sich hierbei große Schwierigkeiten entgegen.

In dem Erythemdosimeter, einem Verfahren, das auf der Verfärbung lichtempfindlicher, auf Papier aufgetragener Schichten durch U. V. Strahlen beruht, glaubte man eine brauchbare Meßmethode für die Empfindlichkeit gegen die U. V. Strahlen gefunden zu haben. Die Dosis, bei der die Schwärzung des lichtempfindlichen Papieres erfolgt, wird als Erythemdosis bezeichnet, welche $^3/_4$ — 1 Höhensonneneinheit entspricht (HSE). Dieses Verfahren wird bei den Lichttherapeuten vielfach angewandt und wird von ihnen im allgemeinen günstig beurteilt, wobei man nicht vergessen darf, daß die Mehrzahl von ihnen

das Erythem nicht nur in den Mittelpunkt der Strahlenmessung, sondern auch der Behandlung stellt. Ueberblickt man nun die Versuche zur Lichtmessung für medizinische Zwecke, so zeigt es sich sehr deutlich, daß wir zwar in der Erythemdosis eine Einheit haben, daß aber die Erythem- und Pigmentbildung nach Ansicht der meisten Forscher nicht als Maß der Empfindlichkeit gegen U. V. Strahlen für alle biologischen Veränderungen im Organismus angesehen werden kann. Das Auftreten und der Grad des Erythems auf der Haut sagt nichts aus über den erzielbaren und tatsächlich erzielten Bestrahlungseffekt.

Da die Erythembildung nicht maßgebend ist für alle biologischen Einwirkungen von Strahlen, muß man noch nach anderen Faktoren suchen, die Einblicke in das biologische Geschehen des Organismus erlauben. Nach verschiedenen Angaben sollen nun die U. V. Strahlen in der Lage sein, Fermente, vor allem die Blutkatalase in ihrer Wirksamkeit zu schädigen, sogar zu vernichten. Es wäre zu untersuchen, ob vielleicht dieser behauptete Einfluß der U. V. Strahlen auf die Blutkatalase benutzt werden könnte, nach dem Grade des Einflusses die Wirkung der Höhensonne zu kontrollieren. Bei der außerordentlichen Wichtigkeit, welche die Fermente für den Stoffwechsel haben, ist die Untersuchung des Lichteinflusses schon aus diesem Grunde geboten. Jedenfalls erscheint es notwendig, die schädigende oder fördernde Wirkung des ultravioletten Lichtes, d. h. des Lichtes starker ultravioletter Strahler, wie z. B. bei der Quecksilberquarzlampe zu ergründen.

Wie alle Fermente kann auch die Katalase nur aus ihrer Wirkung erkannt werden; ist nun die Wirkung meßbar, so ist auch ein Messen der Katalase möglich. Sie wird erkannt aus ihrer Wirkung, Wasserstoffsuperoxyd zu zersetzen. Diese Zersetzung ist leicht zu messen und zwar nach verschiedenen Methoden, so daß begründete Aussicht besteht, den Einfluß der ultravioletten Strahlen auf die Katalase des Blutes in Zahlen anzugeben. Wenn wir die Beeinflussung der Blutkatalase durch U. V. Strahlen messen können, dürfen wir erhoffen, daß wir damit die mehr oder weniger große Empfindlichkeit des betreffenden Individuums gegen U. V. Strahlen erkennen können, was wir uns aus therapeutischen Gründen wünschen. Für meine Arbeit kommt in erster Linie die Katalase des Blutes und ihre Beeinflussung durch die in der Therapie häufig angewandten U. V. Strahlen in Betracht.

Die weite Verbreitung der Katalase in der Natur bringt es mit sich, daß vor den Forschern das Problem der physiologischen Bedeutung der Katalase steht. Obwohl man über den Katalasegehalt im Organismus unter verschiedenen physiologischen und pathologischen Zuständen zahlreiche Untersuchungen geführt hat, liegen doch bisher, ungeachtet der großen Bemühungen in dieser Richtung, keine genügend überzeugende Befunde über die wirk-

liche Rolle der Katalase im Organismus vor. Alle vorhandenen Erklärungen der biologischen Funktion der Blutkatalase sind hypothetisch. Schon 1910 zählte A. Bach [48]) sechs verschiedene Theorien über die Funktion der Katalase auf, so die Theorien von Schönbein, Clausius, van't Hoff, Hoppe-Seyler, Traube, Engler-Bach. Auch in jüngster Zeit wird offen eingestanden, daß wir über die Wirkung und das Wesen der Katalase kaum etwas Neues gefunden haben. Dies nimmt um so mehr wunder, als doch schon über hundert Jahre die Wissenschaft sich mit dieser Frage eingehend beschäftigt hat. Wenn neuerdings nach der Wieland'schen [49], [50]) Oxydationstheorie mit der gesteigerten Atmungsfunktion eine gesteigerte Hydroperoxydbildung parallel gehen soll, so steht doch dieser Auffassnng eine andere entgegen, nämlich die von Warburg [51], [52]), der eine Hydroperoxydbildung bei biologischen Oxydationen strikte ablehnt. Auf alle diese Theorien näher einzugehen, halte ich mich nicht für berufen, da die Aufgaben meiner Arbeit auf einem anderen Gebiete liegen.

Schon vor über hundert Jahren ist das Wasserstoffsuperoxyd entdeckt und auch seine Zersetzung durch lebende Zellen (Thénard 1818). Die grundlegenden Arbeiten gehen bis 1835 zurück und sind mit den Namen von Schönbein, Berzelius, Loew, Wilh. Ostwald, Bredig und Senter verknüpft. Schönbein [1]) konnte nachweisen, daß Auszüge tierischer und pflanzlicher Zellen imstande sind, aus H_2O_2 molekularen Sauerstoff abzuspalten, und daß diese Eigenschaft nicht Metallen allein eigen war. Berzelius [2]) hat diesen Vorgang „Katalyse" genannt und 1836 wurde der Name Katalyse von ihm in der Chemie eingeführt. Bei ihm lautete die Definition der Katalyse im Stile damaliger Naturauffassung noch ziemlich verschwommen. Er schreibt: „Die katalytische Kraft scheint eigentlich darin zu bestehen, daß Körper durch ihre bloße Gegenwart und nicht durch ihre Verwandtschaft die bei dieser Temperatur schlummernden Verwandtschaften zu erwecken vermögen, so daß zufolge derselben in einem zusammengesetzten Körper die Elemente sich in solchen anderen Verhältnissen ordnen, durch welche eine größere elektochemische Neutralisierung hervorgebracht wirkt." Als zu Anfang dieses Jahrhunderts mit der fortschreitenden Entwicklung der Chemie sich ein größeres Interesse für die Art und Wirkungsweise der Fermente zeigte, erwies sich die bisherige Auffassung, daß alle Fermente oder Enzyme die Fähigkeit hätten, H_2O_2 zu zersetzen, als irrig. 1901 konnte Loew [3]) nachweisen, daß neben anorganischen Stoffen, wie Platin, Gold, Silber usw. es ein Ferment gibt, welches H_2O_2 zersetzt und sonst keine andere Fermentwirkung hat. Dieses Ferment nannte er „Katalase". Die Katalase jedoch enthalten alle lebenden Zellen. Alle bisherigen Autoren befaßten sich mit dem qualitativen Nachweis der Katalase unter den verschiedensten Verhältnissen und dem verschiedensten Vorkommen. Durch Wilh. Ostwald [5]) wurde es uns möglich,

die Katalase quantitativ zu messen. 1893 konnte er folgende Definition der Katalyse aufstellen: „Katalyse ist die Beschleunigung einer langsam verlaufenden Reaktion durch die Gegenwart eines durch den Vorgang unveränderlichen Stoffes". Ein Katalysator im Ostwald'schen Sinne ist also ein Stoff, der bei der Reaktion selbst nicht verändert wird, demnach ununterbrochen weiterwirken muß, bis nichts mehr zum Zersetzen vorhanden ist. Die Beschleunigung, die er einer Reaktion erteilt, läßt sich messen, und diese Bestimmung der Reaktionsgeschwindigkeit ist ein Maß für die Energie des Katalysators. Was nun die Katalase als Katalysator im Ostwald'schen Sinne anbelangt, wäre unsere Katalase kein Katalysator, da er, obwohl noch viel H_2O_2 zersetzt werden könnte, tatsächlich nach einer gewissen Zeit nichts mehr zersetzt. Freilich wissen wir nicht, ob überhaupt beim Aufhören der Zersetzung noch Katalase vorhanden ist, oder ob sie nur leistungsunfähig geworden ist. 1901 verglich Bredig[4]) die Wirkung der Metallsole mit den Wirkungen der wasserstoffsuperoxydzersetzenden Fermente und konnte auffallende Analogien zwischen beiden Formen feststellen. Er unterschied zwischen anorganischen und organischen Katalysatoren. Bredigs Arbeit gab Veranlassung sich wieder der Blutkatalase zuzuwenden. Senter[6]) fand bei seinen Untersuchungen, daß der H_2O_2-zersetzende Bestandteil des Blutes fast vollständig in Wasser löslich ist, ja sogar filtriert werden kann, ohne wesentlich in seiner Wirkung dabei einzubüßen. Es gelang ihm aus Blutlösung eine Substanz, die er „Haemase" nannte, zu isolieren, die in hohem Maße die H_2O_2-zersetzende Eigenschaft besaß. Als Meßmethode benutzte Senter die Titrationsmethode mit Kaliumpermanganat. Anfänglich hatte er mit der volumetrischen Methode gearbeitet, in der Anordnung, wie sie von Raudnitz, Loew und Jakobsohn angewandt worden war. Er kam jedoch zu der Ansicht, daß diese Methode nicht genau genug sei, da eine Uebersättigung mit Sauerstoff eintrete. Obwohl sich seine Resultate alle auf sein Hämasepräparat beziehen, es uns aber vor allem darauf ankommt, die Wirkung einer Blutlösung zu erfahren, sind die Endergebnisse sehr beachtlich: Er fand, daß die Reaktion proportional der Konzentration des Wasserstoffsuperoxyds verläuft; ferner daß die Reaktionsgeschwindigkeit innerhalb der Versuchsfehler in sehr verdünnter H_2O_2-lösung proportional der Enzymkonzentration ist. Daneben stellte er das Inaktivwerden des Enzyms durch Erhitzen fest und bewies, daß die Säuren eine sehr starke Verzögerung der Katalyse hervorrufen, ohne daß das Enzym dadurch dauernd geschädigt wird. Um eine Oxydation der Katalase soweit wie möglich zu vermeiden, schlägt er vor, mit sehr verdünnten H_2O_2-lösungen und mit starken Blutlösungen zu arbeiten. Auch klinisch wurden um diese Zeit Untersuchungen über die Blutkatalase angestellt. 1905 spricht Jolles[7]) am Schlusse seiner Arbeit: „Katalysatoren vom

physiologisch-chemischen Standpunkt" von hohen Erwartungen von der quantitativen Bestimmung des Katalasegehaltes des Blutes für die Behandlung physiologischer Fragen und verspricht sich auch bei pathologischen Fragen von ihr vieles als Hilfsmittel. Im selben Jahr gab er zusammen mit Oppenheim eine Arbeit heraus „über Beiträge zur Kenntnis der Blutfermente", in der er auf Grund seiner Versuche die Schlußfolgerung zieht, daß normales Menschenblut annähernd gleiche H_2O_2-mengen zersetzt, während das Blut von Kranken in seiner H_2O_2-zersetzenden Kraft bedeutend vermindert sein kann. Zur Messung der zersetzten Wasserstoffsuperoxydmenge wählte er ebenso wie Bach und Zubkowa [13]) die chemisch-titrimetrische Untersuchungsmethode, die den Ueberschuß an H_2O_2 mittels Titration von Thiosulfat bestimmt, Alexeev [53]) konnte aber feststellen, daß die Untersuchungsanordnung von Bach und Zubkowa ungeeignet ist, da bei ihr der H_2O_2-Zusatz nicht ausreicht, um in jedem Falle die Wirkung vom 1 cmm Blut zu erfassen. Wenn nun auch E. Bach [55]) 1930 einige Aenderungen an der titrimetrischen Methode vorgenommen hat, wodurch dieses Verfahren in der Ausführung an Einfachheit gewonnen hat, so ist doch folgender Mangel daran festzustellen. Durch die mehrmalige Entnahme der Versuchsproben aus dem Scheidetrichter ändert sich das Aktionsvolumen ständig, was wir ja unter allen Umständen zu vermeiden suchen müssen, — eine Fehlerquelle, die bei der volumetrischen Methode wegfällt. — A. Bach und Chodat unterscheiden drei Gruppen von Oxydationsfermenten: erstens, die Oxygenasen, die molekularen Sauerstoff unter Peroxydbildung aufnehmen, zweitens, die Peroxydasen, die das so entstandene Peroxyd aktivieren und dadurch aktiven Sauerstoff an die oxydablen Stoffe abgeben, und drittens, die Katalasen, die dann noch das vorhandene Peroxyd, was für die Peroxydasen unangreifbar blieb, vernichten. 1907 kamen von Dalmaday und von Torday mit einer Arbeit heraus: „Die Zersetzung des Wasserstoffsuperoxyds durch das Blut", in der sie auf Grund ihrer Krankenuntersuchungen feststellten, daß die „Katalysierfähigkeit" des Blutes fast immer bei solchen Krankheiten sinkt, die mit Fieber, Eiterungen, größeren Blutverlusten oder wichtigeren Störungen des Stoffwechsels verbunden sind.

Wenn Bingold [28]) 1930 in den „folia haematologica" schreibt: „Auch die Medizin hat sich in vielen Untersuchungen diesem mysteriösen Ferment (sc. Katalase) zugewandt. Im Grunde genommen ist man jedoch nie zu einem verwertbaren Resultat gekommen", so ist doch wohl die Ursache, weshalb man bis jetzt noch keine brauchbaren Ergebnisse erzielt hat, in dem Mangel einer einheitlichen, gut durchführbaren Untersuchungsmethode zu suchen. Fast jeder Untersucher wird anfänglich durch die Schwierigkeiten der Untersuchungstechnik

abgeschreckt, insofern als durch eine gewisse Unstimmigkeit der Versuchsresultate Zweifel an dem Werte der Untersuchungen auftreten. Bei allen Autoren klingt das Mißbehagen und die Unzufriedenheit mit den sich widersprechenden Resultaten entgegen. In der Tat ist ein Vergleich der Versuchsergebnisse verschiedener Untersucher, obwohl sie anscheinend nach derselben Methode gearbeitet haben, nicht möglich. Es besteht deshalb die Möglichkeit, daß diese Widersprüche durch die Methode bedingt sind. Um die Katalasewirkung zu messen, hat man zwei Methoden: die physikalisch-volumetrische (eudiometrische) und die chemisch-titrimetrische Methode. Bei der ersteren gibt die Menge des durch die Zersetzung entstandenen freien Sauerstoffs unmittelbar die Größe der Zersetzung in ccm O_2 an, bei der zweiten gibt die Differenz zwischen der ursprünglich zugesetzten Menge Wasserstoffsuperoxyd und der titrierten die Größe der Zersetzung in mgr H_2O_2 an. Erst Koeppe griff auf die in Ungnade gefallene physikalisch-volumetrische Methode zurück und konstruierte einen Apparat, der die Fehlerhaftigkeit der früheren Apparate vermeidend, einem geschlossenen System entspricht und so die Hauptbedingungen erfüllt. Hierdurch ist die Möglichkeit gegeben, ohne Verlust auch nur der geringsten Menge Sauerstoff vom ersten Beginn der stürmisch einsetzenden Reaktion an, die gesamte entwickelte O_2-Gasmenge aufzufangen und zur Messung zu bringen, was bei den anderen Methoden unmöglich war. Die Gleichberechtigung gegenüber den chemischen Titriermethoden für die Blutuntersuchung stellte Heyse [12]) durch vergleichende Untersuchungen unter Benutzung des Koeppe'schen Katalasemessers fest. Schellhase [10]) benutzte ebenfalls zu seinen Untersuchungen der Milchkatalase diesen Apparat, da ein Arbeiten nach einer anderen Methode ihm nicht möglich war. An der Gießener Kinderklinik sind im Laufe der letzten Jahre eine Anzahl Untersuchungen angestellt worden, in denen systematisch alle die Faktoren, durch deren Aenderung ein Einfluß auf die Katalase möglich sein konnte, einer näheren Untersuchung unterzogen worden. Hierzu verwandt wurde die volumetrische Methode unter Benutzung des Koeppe'schen Katalasemessers. Sie ist gerade für diese Art der Untersuchungen besonders geeignet, da sie gestattet, den Reaktionsverlauf in jeder Phase ohne Unterbrechung des Versuches zu verfolgen. Von Jost [19]), Schmitt [18]), Plessner [20]), Müller [28]) wurden der Einfluß der Art der Verdünnungslösung, der der Blutmenge beim Versuch, der Einfluß der Wasserstoffsuperoxydkonzentration und der Temperatur auf die Katalase eingehend untersucht. Zusammenfassend gefunden wurde, um gleichmäßige und vergleichbare Resultate zu erzielen, daß die Katalasemessungen:

1. bei einer Temperatur von 20° Cel. (also bei Zimmertemperatur) erfolgen müssen,

2. daß man innerhalb von $^1/_4$ Stunde nach der Blutentnahme mit dem Ansetzen des Versuches beginnen muß,
3. daß 1 cmm Blut hämolysiert in 1 ccm aqua dest. steril,
4. immer in dem gleichen Aktionsvolumen von 10 ccm,
5. auf 2 ccm einer 3 % H_2O_2-lösung,
6. während einer Stunde einwirken soll.

Als neuen Faktor der Wasserstoffsuperoxydzersetzung außer durch Katalase fand Koeppe [25]) das Licht, vor allem die U. V.-Strahlen. Damit ist auch dieser Faktor bei Katalasemessungen mitzubeachten. Man muß deshalb möglichst unter Lichtabschluß arbeiten, da bei der langen Dauer der Wasserstoffsuperoxydzersetzung durch Katalase durch die gleichzeitige Zersetzung von H_2O_2 auch durch zerstreutes Licht das Resultat der Katalasemessung merklich beeinflußt wird.

Nachdem nun durch verschiedene Arbeiten an der Gießener Kinderklinik eine brauchbare und einwandfreie Methode der Katalasemessung herausgearbeitet ist, ist es auf Grund der Erkenntnis der Gesetzmäßigkeit der Blutkatalase möglich, klinisch diese Methode zu verwerten. Ueber die Technik der Untersuchungsweise selbst berichtet Koeppe [26]) ausführlich in der Münchener medizinischen Wochenschrift: „Die Wasserstoffsuperoxydzersetzung durch Blutkatalase als klinische Untersuchungsmethode."

Hier sei nochmals kurz auf die Untersuchungstechnik eingegangen. Vor der Blutentnahme wird der Katalasemesser hergerichtet und eine 3 % H_2O_2-lösung hergestellt. Nachdem man die Ferse des Kindes gut abgeäthert und mittels eines Schneppers einen frischen Blutstropfen gewonnen hat, pipettiert man 20 cmm Blut in ein Kölbchen mit 20 ccm aqua dest. ein. Von dieser hämolysierten Blutlösung pipettiert man 1 ccm in die mit 7 ccm aqua dest. gefüllte Zersetzungszelle ein, setzt dann den Trichter fest auf und verbindet die Zersetzungszelle mit dem Gasmesser durch das Gasleitungsröhrchen. Sodann läßt man genau 2 ccm H_2O_2-lösung in die Zersetzungszelle einlaufen. Nach $^1/_2$, 1 und $1^1/_2$ Stunden liest man die entwickelte Sauerstoffmenge ab.

Es läßt sich hieraus erkennen, daß U. V. Strahlen und Katalase auf H_2O_2 dieselbe Wirkung haben. Wäre nun, wie Koeppe in seiner Arbeitshypothese annimmt, die Katalase ein Speicher oder Akkumulator für U. V. Strahlen, so muß eine Bestrahlung des Körpers sich in einer Zunahme der Katalasewirkung des Blutes nachweisen lassen. Diese eventuelle Wechselbeziehung der Katalase und des Blutes festzustellen, ist die Aufgabe meiner Arbeit.

Daß der Katalasegehalt des Blutes durch U. V. Strahlen irgendwie beeinflußt wird, darüber finden sich in der Literatur zahlreiche Angaben.

Wo. Ostwald [37]) fand eine deutliche Zerstörung der Katalase schon im violetten Licht, wogegen rotes und grünes ohne

Wirkung sein sollen. Zeller und Jodelbauer[38]) halten auch für die Katalase eine Schädigung durch sichtbares Licht nur bei Gegenwart von Sauerstoff für möglich, was aber wieder von Battelli und Stern[39]) bestritten wird. Nach Agulhon[32]) ist die Zerstörung der Katalase, die im ultravioletten Licht erfolgt, bei Sauerstoffanwesenheit noch verstärkt. Wäntig und Steche[33]) berichten, daß Katalase durch U. V. Strahlen, aber auch durch andere kurzwellige Strahlen zerstört wird. Neinens[14]) Arbeit bedeutet einen erheblichen Fortschritt, obwohl er selbst denselben nicht erkennt. Er fand nämlich, daß U.V. Strahlen auf Katalase in vitro zerstörend wirken, in corpore dagegen fördernd. Er konnte aber diesen Zwiespalt nicht lösen, und seine Absicht, die Katalasemessung als Prüfstein der U. V. Strahleneinwirkung zu benutzen, gab er infolgedessen auf. Der 1926 von Koeppe[27]) erkannte Unterschied der Wirkung der U. V.-Strahlen bei Gegenwart von Luftsauerstoff und bei Abschluß von Luftsauerstoff gab Veranlassung, die Neinens'schen Versuche von diesem Gerichtspunkte aus erneut zu betrachten und den Widerspruch zu lösen. Im Gegensatz zu Neinens konnten Peemöller und Franke[15]) keine Veränderung bei in vitro in NaCl-lösung aufgeschwemmten und bestrahlten Erythrozyten konstatieren. Nach Castagna[34]) soll sogar völlig entgegengesetzt der Katalasegehalt des Blutes von 4—5 Stunden dem Sonnenlicht ausgesetzten Dunkelmäusen ganz erheblich gestiegen sein. Vom Dahl untersuchte den Einfluß der Quarzlampenstrahlen auf Peroxydase und Katalase der Milch und fand, daß weder Milch noch Rahm nach der U.V. Bestrahlung Wasserstoffsuperoxyd zu zersetzen vermögen. Bischoff's[16]) Untersuchungen über den Einfluß der Höhensonne auf den Blutkatalasegehalt von Kindern sind völlig negativ: weder die Einzelbestrahlung vermochte den Katalasegehalt des Blutes zu ändern, noch sah er eine Beeinflussung desselben durch eine ganze Höhensonnenkur. Geringe Schwankungen, die bei einzelnen Kindern hin und wieder beobachtet werden, faßte er als individuelle physiologische Schwankungen auf. Euler[23]) fand, daß Katalase durch sichtbare Strahlen nur wenig, durch U. V. Strahlen aber dauernd geschädigt wird. Die Amerikaner Morgulis und Sergius[40]) sprechen von einer Inaktivierung der Katalase durch U.V. Strahlen, sie bestätigen also die Ansicht von Euler. Eine Beeinflussung des Blutkatalasegehaltes von Kaninchen durch U. V. Strahlen stellte Pinkussen[24]) bei Bestrahlung durch natürliche Sonne im Hochgebirge und mit Quarzlampenbestrahlung fest, wobei in beiden Fällen die katalytische Wirkung des Blutes eine geringgradige Herabsetzung erfährt. Außerdem fand Pinkussen bei einem mit der Quarzlampe bestrahlten Menschen eine Abnahme des Blutkatalasegehaltes. Nach Stindt[30]) üben Höhensonnen- und Vitaluxbestrahlungen zu Beginn der Kur meistens einen positiven Einfluß auf die Höhe der Katalase im kindlichen Blute

aus, einen Vorgang, den er nicht zu erklären wußte. Hämolysiertes Blut, in geschlossenen und völlig gefüllten Quarzgläsern bestrahlt, liefert nach seinen Angaben nur nach längerer Reaktionsdauer mehr Gas, als unbestrahltes. Ferner stellte er fest, daß eine „Katalasevergiftung" gegenüber der Bestrahlung in offenen Glasschälchen nicht oder kaum in Erscheinung trat. Das in physiologischer Kochsalzlösung in geschlossenen, völlig gefüllten Quarzröhrchen bestrahlte Blut zeigte wesentlich höhere Werte, als das in physiologischer Kochsalzlösung unbestrahlte Blut, während in offenen Schälchen vorher das Gegenteil eingetreten war.

Alle diese Untersuchungen von Bischoff, Neinens, Stindt usw. genügten nicht, eine Klärung der U. V. Strahleneinwirkung auf die Blutkatalase in vivo und in vitro herbeizuführen.

Darüber hinausgehend ist wieder wie von Neinens 1923 die Frage zu erörtern, ist die Empfindlichkeit der roten Blutkörperchen und ihres Katalasegehaltes gegen U. V. Strahlen als Grad der Empfindlichkeit des Organismus gegen U. V. Strahlen anzusehen, und ist die Bestimmung des Katalasegehaltes des Blutes vor und nach Höhensonnenbestrahlung als Meßmethode der Empfindlichkeit gegen U. V. Strahlen zu verwerten?

Bestrahlungen von Blutlösungen in vitro.

Ich wiederholte zunächst als Vorversuche die Bestrahlung in vitro unter verschiedenen Bedingungen. Bestrahlt man eine Blutkörperchenlösung außerhalb des Körpers bei Zutritt von Luftsauerstoff in offenen Glasschälchen, so wird die Katalase durch die Bestrahlung mit oxydationsfördernden ultravioletten Strahlen vernichtet.

Versuch I.

Je 10 ccm hämolysierte Blutlösung 1 : 1000 wurden in einem Abstand von 50 cm vom Brenner in offenen Glasschälchen bei Luftsauerstoffzutritt verschieden lange bestrahlt. Hiervon lieferte je ein ccm bestrahlte Blutlösung folgende Katalasewerte:

	nach $^1/_2$ h	1 h	1 $^1/_2$ h	2 h
unbestrahlt	5,8	7,2	7,55	7,7
2′ bestrahlt	4,7	6,05	6,55	6,8
4′ „	2,9	4,1	4,7	5,1
6′ „	2,8	3,75	4,1	4,3
8′ „	1,35	1,7	2,05	2,2
10′ „	1,05	1,45	1,65	1,75
15′ „	0,4	0,6	0,7	0,75
20′ „	0,25	0,4	0,5	0,51

Versuch II.

Je 10 ccm hämolysierte Blutlösung 1 : 1000 wurden in einem Abstand von 50 cm vom Brenner in geschlossenen Quarzröhrchen unter Luftabschluß verschieden lange bestrahlt. Hiervon lieferte je 1 ccm Blutlösung folgende Katalasewerte:

	nach $^1/_2$ h	1 h	1 $^1/_2$ h	2 h
unbestrahlt	5,8	7,2	7,55	7,7
2′ bestrahlt	4,5	5,7	6,3	6,55
4′ „	4,05	5,4	6,1	6,4
6′ „	3,55	4,8	5,5	5,8
8′ „	3,65	4,65	5,3	5,5
10′ „	3,15	4,4	5,0	5,2
15′ „	2,4	3,0	3,5	3,7
20′ „	1,7	2,3	2,8	3,0

Aus diesen Versuchen ergibt sich, daß mit der längeren Dauer der Bestrahlung die Fähigkeit der Katalase, H_2O_2 zu zersetzen, abnimmt und zwar bei Versuch I viel stärker als bei Versuch II.

Anders müssen sich die Vorgänge in vivo abspielen. In lebenden Organismen sind die Verhältnisse unendlich komplizierter als bei einfachen Lösungen chemischer Substanzen. Die Dinge liegen eben ungleich schwieriger bei der belebten Substanz. Schon die Verhältnisse der Lichtaufnahme sind äußerst kompliziert. Nach neueren Forschungen muß man jetzt annehmen, daß U. V. Strahlen auf das Blut einwirken, und daß durch die Haut hindurch die Wirkung der Strahlen auf das Blut erfolgt. Ueber die Durchlässigkeit der Haut für U. V. Strahlen berichtet D. I. Macht[31]), daß die Eindringungsmöglichkeit der U. V. Strahlen weit größer ist, als im allgemeinen angenommen wird. Nach seinen Versuchen dringt das ultraviolette Licht zweifellos beim weißen Menschen bis zu den Hautblutgefäßen vor. Durch Koeppe ist die Veränderung des Blutes durch U. V. Strahlen auch nachgewiesen. Damit ist aber auch eine Wirkung der U. V. Strahlen auf die Katalase des Blutes möglich, und hier haben meine Untersuchungen einzusetzen.

Die physiologischen Schwankungen der Blutkatalase.

Vor den Untersuchungen mit U. V. Strahlen sind natürlich erst die Verhältnisse unter physiologischen Bedingungen festzustellen. Angesichts der Unstimmigkeiten durch die Methodik war ich gezwungen, auch selbst über diese Dinge erst einmal Klarheit zu schaffen. Denn die bisherigen Uutersuchungen sind nicht mit den jetzt uns bekannten Vorsichtsmaßregeln angestellt worden. Gleichwohl ist anzunehmen, daß ihre Resultate im allgemeinen zutreffen, wenn auch die erhaltenen Zahlenwerte unter-

einander und mit den unsrigen nicht verglichen werden können. Nach Rigoni und Mario [41]) soll es jahreszeitliche Schwankungen geben, und zwar fanden sie je ein Minimum im Sommer und im Winter und je ein Maximum im Frühjahr und im Herbst. Was die Schwankungen in Bezug auf das Alter betrifft, so sind systematische Untersuchungen erst in letzter Zeit darüber gemacht worden. Den Blutkatalasegehalt Neugeborener fand Nissen [42]) höher, als den für das Blut Erwachsener; nach Török [36]) sollen die Neugeborenen ebenfalls einen besonders hohen Katalasegehalt haben. Zu erklären ist dieser hohe Blutkatalasegehalt bei Neugeborenen folgendermaßen: erstens ist die katalytische Fähigkeit des Blutes an die Formelemente des Blutes gebunden und zwar in erster Linie an die roten Blutkörperchen — die Leukozyten kommen praktisch kaum in Betracht — und zweitens ist bekanntlich beim Menschen die Zahl der roten Blutkörperchen nach der Geburt weit größer, als zu irgendeiner anderen Zeit des Lebens, woraus sich ohne weiteres ein erhöhter Katalasegehalt des Blutes Neugeborener ergibt. Die Russen Skworzow, Iljina und Melentjeva [35]) untersuchten Kinder bis zum zweiten Lebensjahr und fanden eine sehr hohe Katalasezahl im ersten Lebensmonat. Allem Anschein nach aber haben sie die Neugeborenen ohne Unterschied mit hineingerechnet, so daß sie zu solchen Ergebnissen kommen mußten. Bischoff [16]) konnte keinen Zusammenhang zwischen der Katalasezahl und dem Alter der Kinder finden. Für Säuglinge fand er einen etwas geringeren Wert, als für Kinder und Erwachsene. Auf Grund seiner Untersuchungsergebnisse glaubt er feststellen zu können, daß der Katalasegehalt des Blutes ein und desselben Individuums Schwankungen unterworfen ist, die mehr als $\pm$ 10 % betragen. Fukujama [44]) meint, daß die Katalasezahl des Blutes bei Säuglingen nicht verwertbar ist, da bei ihnen zu große Schwankungen vorkommen.

Schwankungen des Blutkatalasegehaltes innerhalb eines Tages.

Nach Práwdicz und Neminski [43]) kann die Amplitude der Katalaseschwankungen im Blute innerhalb eines Tages groß sein. Die Ursache hierfür sehen sie in der Fähigkeit der Leber, des Pankreas und vielleicht des Magens zu einer innersekretorischen, periodischen Zufuhr von Katalase an das Blut. Da nun über die Schwankungen des Blutkatalasegehaltes innerhalb eines Tages bis jetzt nur wenig bekannt war, mußten vor allem Untersuchungen darüber angestellt werden, um vielleicht aus überraschenden Untersuchungsergebnissen keine Fehlschlüsse zu ziehen.

Es folgen nun Untersuchungen über Schwankungen des Blutkatalasegehaltes innerhalb eines Tages.

Tabelle 1.

Schwankungen der Blutkatalase innerhalb eines Tages bei einem 9 Monate alten gesunden Kinde. Gewicht: 8030 gr.

	½ h	1 h	1 ½ h	2 h
7.15 nüchtern	7,3	8,9	9,4	9,6
7.30 1. Mahlzeit				
8.00	6,6	8,2	8,8	9,1
9.00	7,3	8,9	9,3	9,5
10.00	7,0	8,6	9,2	9,3
11.00	6,4	7,4	7,6	7,7
11.30 2. Mahlzeit				
12.00	7,1	7,7	7,9	8,0
13.00	6,0	6,9	7,0	7,1
14.00	6,1	7,1	7,4	7,5
15.00	5,2	7,2	7,7	7,9
15.30 3. Mahlzeit				
16.00	6,4	7,8	8,3	8,5
17.00	6,9	8,2	8,6	8,7
17.35 4. Mahlzeit				
18.00	5,6	7,5	7,9	8,2
19.00	6,0	8,0	8,5	8,5

Tabelle 2.

Schwankungen der Blutkatalase innerhalb eines Tages bei einem 9 Monate alten gesunden Kinde.

Katalasewerte nach einstündiger Reaktionsdauer.

		7.15	1. Mahlzeit
8.30	10,6		
9.30	9,4		
10.00	8,3		
10.30	8,1		
11.00	7,9		
11.30	8,2		
12.00	7,7	12.05	2. „
13.00	8,5		
14.00	9,4		
14.30	9,1		
15.30	8,6	15.35	3. „
16.30	8,2		
17.00	10,0	17.15	4. „
18.00	8,7		

Tabelle 3.

Schwankungen der Blutkatalase innerhalb eines Tages. Untersuchung bei einem 23jährigen. Katalasewerte nach 1 Stunde.

8.00	10,1	nüchtern
9.00	9,6	8.30 Frühstück
10.00	9,5	
11.00	9,4	
12.00	9,2	
13.00	8,5	13.30 Mittagessen.
14.00	10,0	
15.00	8,9	
16.00	9,6	
17.00	9,1	
18.00	8,8	
19.00	9,4	

Aus den Tabellen 1—3 ist folgendes ersichtlich: Morgens nüchtern ist der Katalasegehalt des Blutes am höchsten und wird während des Tages kaum wieder in dieser Höhe erreicht. Im Laufe des Vormittags sinkt der Katalasegehalt auch nach dem Frühstück und ist kurz vor der Mittagsmahlzeit am niedrigsten. Nach der Mahlzeit steigt er dann ein bis zwei Stunden lang an, um schließlich wieder ein kleinwenig abzufallen. Gegen Abend sind die Werte infolge der dritten Mahlzeit wieder etwas erhöht. Was die Nahrungsaufnahme anbetrifft, so zeigte sich ein bis zwei Stunden nach den Mahlzeiten ein geringer Anstieg, der aber bald wieder abnahm; diese Befunde stehen mit den Untersuchungen Stindt's über die Nahrungsaufnahme in Einklang.

Als vorläufige physiologische Breite der Blutkatalase fand Stindt Werte von 5,2—10,3 ccm entwickelten Sauerstoffs nach einhalbstündiger Reaktionsdauer und von 6,0—12,0 ccm nach einstündiger Reaktionsdauer, während er bei kranken Kindern, hauptsächlich Stoffwechselgeschädigten Werte von 0,2—12,4 ccm nach $^1/_2$ Stunde und von 0,4—14,6 ccm nach einer Stunde fand. Die kranken Kinder lieferten also extremere Werte. Diese Angaben konnte ich durch zahlreiche Nachuntersuchungen bestätigen; bei 4 Neugeborenen fanden sich folgende Blutkatalasewerte:

	nach $^1/_2$ h	nach 1 h	
1.	11,35	13,4	$^1/_2$ Stunde nach der Geburt
2.	10,4	12,6	„
3.	10,6	12,9	„
4.	9,9	12,3	„

Diese Ergebnisse decken sich in der Tendenz, nicht in den Zahlenwerten mit denen von Török und Nissen.

Bestimmung des Katalasegehaltes vor und nach Bestrahlung mit künstlicher Höhensonne.

In mehreren Reihenuntersuchungen wurde der Katalasegehalt des Blutes immer unmittelbar vor und nach der Bestrahlung des Kindes bestimmt. Als günstigste Tageszeit zur Höhensonnenbestrahlung, in der der B. K. G. (Blutkatalasegehalt) auf Grund unserer Untersuchungen allem Anschein nach nur ganz geringen Schwankungen unterworfen ist, wählten wir die Zeit zwischen 9 und 10 Uhr vormittags. Weiterhin wurde bei meinen sämtlichen Untersuchungen das Blut immer aus derselben Körperstelle und zwar aus der Ferse des Kindes entnommen. Nach Bischoff und Stindt ist nämlich der Blutkatalasegehalt auch abhängig von dem Kapillargebiet, aus dem das Blut entnommen wird. Im krassen Widerspruch hierzu stehen die Ergebnisse von Krüger's[45]), nach denen die Katalasezahl im Körperblut zu gleichen Zeiten und unter gleichen Bedingungen überall die gleiche ist.

Bei unseren Untersuchungen wurden gleichwertige Brenner benutzt. Es ist sehr wahrscheinlich, daß bei Brennern mit verschiedener Strahlenintensität die Resultate sich verschieben. Es sind deshalb nach dieser Richtung hin die Untersuchungen weiter auszudehnen.

Die Ablesungen der Zersetzungswerte erfolgten nach $^1/_2$, 1, $1\,^1/_2$, 2, 24 Stunden. Sie sind der Zeit nach verschieden für jede Untersuchung; nämlich je länger die Katalase wirkt, desto größer ist der Zersetzungswert. Verschiedene Messungen können aber nur verglichen werden für dieselbe Zeit der Ablesung. Für die Protokolle in der Arbeit wurden die Werte der Ablesung nach einer Stunde gewählt, da hier schon die wesentlichen Unterschiede deutlich und genau zum Ausdruck kommen.

Der im folgenden angegebene Katalasewert bedeutet: Ein cmm Blut, hämolysiert in 1 ccm aqua dest., macht bei 20° Cel. im Aktionsvolumen von 10 ccm aus 2 ccm Wasserstoffsuperoxyd im Dunklen innerhalb einer Stunde 7 ccm Sauerstoff frei.

1 ccm Sauerstoff entspricht 3,03 mgr H_2O_2 (zersetzt).

Zur Untersuchung kamen im ganzen 25 Kinder.
Hiervon waren 8 gesund, in einem Alter von 2—19 Monaten,
17 krank, im Alter von 5 Monaten bis zu 10 Jahren.

I. Mit Höhensonne bestrahlte gesunde Kinder.

1. Kind, 5 Monate alt, bestrahlt vom 14. 8.—28. 8. 31.

	14.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	24.	25.	26.	27.	28.
vor	8,8	6,7	6,5	6,9	6,7	6,2	7,1	8,1	7,3	6,6	6,7	8,9
nach	9,1	7,3	7,3	8,0	6,8	6,4	7,4	8,5	7,4	7,1	7,0	9,0
Dauer der Bestrahlung	2′	4′	6′	8′	10′	12′	14′	16′	18′	20′	22′	26′

Am Anfang der Bestrahlkur steigt der B. K. G. bis zur 4. Bestrahlung nach jeder einzelnen Bestrahlung, ist aber bis zur nächsten gesunken. Am Ende der Kur ist der Anfangswert erreicht.

2. Kind, 5 Monate alt, bestrahlt vom 14. 8.—28. 8. 31.

	14.	15.	18.	19.	20.	21.	22.	24.	25.	26.	27.	28.
vor	8,6	8,0	6,4	7,0	7,1	5,9	6,9	8,4	7,0	7,6	7,0	9,2
nach	9,4	7,5	7,0	7,2	6,0	6,4	7,3	8,4	8,6	7,0	8,3	9,3
Dauer	2′	4′	6′	8′	10′	12′	14′	16′	18′	20′	22′	26′

Nach der ersten Bestrahlung stieg der B. K. G., sank dann nach der nächsten Bestrahlung bis zur dritten. Er stieg dann wieder etwas an und hatte am Ende der Kur den Anfangswert sogar überschritten.

3. Kind, 3 Monate alt, bestrahlt vom 4. 7.—8. 8. 31.

	4.	6.	7.	8.	11.	13.	14.	17.	1.	4.	8.	13.
vor	4,9	6,3	6,6	7,3	6,1	6,3	7,0	8,9	6,4	5,3	7,4	9,3
nach	4.6	6,6	7,4	8,7	8,7	6.2	6.8	9,1	6,8	6,3	8,1	10,1
Dauer	4′	8′	8′	8′	8′	8′	8′	8′	10′	20′	24′	30′

Zu Beginn der Kur langsamer Anstieg des B. K. G. Gegen Ende sind die Werte erhöht, verglichen mit dem Anfangswert.

4. Kind, 9 Monate alt, bestrahlt vom 1. 8.—28. 8. 31.

	1.	3.	5.	7.	10.	11.	12.	13.	15.	17.
vor	6,3	6,7	5,3	6,0	7,3	7,0	8,9	8,8	9,3	7,3
nach	6,8	6,7	5,2	6,3	8,7	—	9,3	9,0	9.6	7,8
Dauer	8′	12′	10′	12′	14′	Erythem	16′	18′	20′	22′

	19.	20.	21.	22.	24.	25.	26.	27.	28.
vor	7,3	8,2	6,4	8,6	8,8	7,4	8,1	8,0	10,1
nach	8,1	7,8	7,3	8,5	10.8	8,4	8,3	8,2	10,4
Dauer	24′	26′	28′	30′	32′	34′	36′	38′	35′

Nach der ersten Bestrahlung stieg der B. K. G. ein klein wenig, sank dann bis zur dritten und stieg danach wieder an. Am Ende der Bestrahlkur ist der B. K. G. gegen den Anfangswert stark erhöht.

5. Kind, 2 Monate alt, bestrahlt vom 4. 7.—13. 8. 31.

	4.	6.	7.	8.	11.	13.	31.	3.	5.	7.	8.	10.	11.	13.
vor	4,5	4,8	6,1	6,6	6,9	5,5	5,7	5,9	5,4	5,6	6,8	8,1	7,5	8,6
nach	4,7	5,2	5,9	—	6,6	5,9	5,5	5,5	5,5	6,9	—	8,1	—	8,7
Dauer	4′	8′	8′	Eryth.	8′	8′	8′	16′	20′	24′	Eryth.	30′	Eryth.	30′

Zu Beginn der Bestrahlung langsames Ansteigen des B. K. G. bis zur 4. Bestrahlung, dann geringe Abnahme. Am Ende der Kur sind die Werte im Vergleich zu den Anfangswerten erhöht.

6. Kind, 1 Jahr 7 Monate alt, bestrahlt vom 4. 7.—8. 8. 31.

	4.	6.	7.	8.	11.	14.	17.	31.	3.	4.	7.
vor	4,9	4,5	5,7	7,3	6,0	6,1	7,3	5,8	5,4	4,8	5,4
nach	4,5	4,7	6,0	7,5	5,8	6,3	6,1	6,4	5,5	5,3	6,0
Dauer	4′	8′	8′	8′	8′	8′	8′	8′	16′	20′	30′

Nach der ersten Bestrahlung geringes Sinken des B. K. G. bis nach der zweiten, dann Anstieg. Am Ende der Kur sind die Werte etwas erhöht.

7. Kind, 1 Jahr alt, bestrahlt vom 13. 7.—11. 8. 31.

	13.	14.	17.	31.	1.	4.	5.	8.	10.	11.
vor	6,7	7,1	9,2	6,6	6,6	5,9	5,7	7,9	8,8	8,4
nach	6,7	—	9,2	7,3	6,5	5,8	5,2	7,6	9,2	—
Dauer	4′	—	8′	8′	10′	16′	20′	24′	30′	—

Zu Beginn der Bestrahlkur steigen die Werte an bis zur 2. Bestrahlung. Sodann langsames Abfallen bis zu der 6., dann wieder Anstieg. Am Ende der Kur ist der B. K. G. erhöht verglichen mit dem Anfangswert.

8. Kind, 9 Monate alt, bestrahlt vom 14. 8.—18. 8. 31.

	14.	15.	18.
vor	11,5	10,4	8,6
nach	11,9	10,6	8,6
Dauer	2′	4′	6′

Das Kind wurde leider abgeholt.

Nach der ersten Bestrahlung ist ein geringer Anstieg des B. K. G. zu verzeichnen. Im Laufe der nächsten beiden Bestrahlungen nimmt er aber stark ab.

II. Mit Höhensonne bestrahlte kranke Kinder.

9. Kind, 1 Jahr alt, Rachitis, Dystrophie, akuter Infekt. Bestrahlt vom 7. 5.—18. 5. 31.

	7.	8.	11.	13.	15.	18.
vor	6,9	5,8	7,6	5,7	5,4	5,8
nach	6,9	6,1	8,1	6,5	5,3	5,6
Dauer	2′	4′	4′	8′	8′	8′

Am Tage nach der ersten Bestrahlung sinkt der B. K. G. Nach der 2. Bestrahlung geringer Anstieg, gegen Ende der Kur ist eine Abnahme zu verzeichnen.

10. Kind, 6 Jahre 7 Monate alt, bestrahlt vom 4. 6.—20. 6. 31. Angina catarrhalis, Hypertrophie der Gaumen- und Rachenmandeln.

	4.	5.	6.	8.	9.	12.	13.	15.	19.	20.
vor	5,4	4,9	5,2	5,7	4,9	3,8	3,2	3,5	4,7	5,8
nach	4,7	4,9	6,2	5,7	5,4	—	—	3,6	4,9	5,7
Dauer	4′	8′	8′	8′	8′	—	—	8′	8′	12′

Am 12. 6. Tonsillo-Adenotomie.

Zu Beginn der Bestrahlkur sinkt der B. K. G. bis zur 3. Bestrahlung. Nach dieser geringer Anstieg. Nach der Operation sind die Werte stark gesunken, steigen aber mit der weiteren Bestrahlung wieder an. Am Ende der Kur ist der Anfangswert erreicht.

11. Kind, 1 Jahr 3 Monate alt, bestrahlt vom 6. 6.—15. 6. 31.
Floride Rachitis, Nasopharyngitis.

	6.	8.	9.	10.	11.	12.	15.
vor	7,5	8,4	8,9	8,5	7,2	5,7	6,6
nach	7,8	8,6	7,8	9,5	—	6,2	6,1
Dauer	4′	8′	8′	8′	—	20′	22′

Am 11. 6. Höhensonnenerythem.

Zu Beginn der Kur geringes Ansteigen des B. K. G., dann nach der 4. Bestrahlung Abfallen. Am Ende der Kur ist der B. K. G. erniedrigt verglichen mit dem Anfangswert.

12. Kind, 2 Monate alt, bestrahlt vom 1. 10.—10. 10. 31.
Haemangiom.

	1.	7.	9.	10.
vor	6,9	5,2	6,9	7,3
nach	—	6,2	6,4	6,6
Dauer	—	8′	8′	6′

Nach der ersten Bestrahlung Anstieg des B. K. G. Die Werte steigen dann täglich an, wenn sie auch nach jeder Bestrahlung etwas sinken.

13. Kind, 6 Monate alt, bestrahlt vom 16. 9.—7. 10. 31.
Floride Rachitis.

	16.	17.	18.	19.	21.	22.	23.	24.	25.	26.
vor	4,1	5,5	5,1	4,7	5,2	5,7	4,8	4,0	5,3	4,9
nach	5,4	5,3	5,3	5,1	5,0	6,6	5,8	5,5	—	5,1
Dauer	4′	8′	10′	12′	14′	16′	18′	20′	—	22′

	28.	29.	30.	1.	2.	3.	5.	6.	7.
vor	5,7	5,5	5,6	5,3	5,2	4,8	5,2	5,8	4,9
nach	5,6	—	5,9	4,7	—	4,8	6,1	5,4	—
Dauer	24′	—	26′	28′	—	30′	30′	30′	—

Höhensonnenerythem am 23., 25., 29. 9. und am 2. 10. 31.

Nach der ersten Bestrahlung steigt der B. K. G., dann bleiben die Werte fast auf gleicher Höhe bis zur 5. Bestrahlung; nach der 6. Anstieg. Am Ende der Kur sind die Werte im Vergleich zum Anfangswert etwas erhöht.

14. Kind, 9 Monate alt, bestrahlt vom 12.—14. 1. 32. Primäre Tuberkulose (Lunge).

	12.	13.	14.
vor	6,3	6,4	5,4
nach	6,5	6,5	—
Dauer	4′	6′	—

Es zeigte sich keine Veränderung des B. K. G. nach den Bestrahlungen. Wegen Tbc-Verdachtes, der sich bestätigte, wurde das Kind nicht weiter bestrahlt.

15. Kind, 3 Jahre 6 Monate alt, bestrahlt vom 12. 1.—16. 1. 32. Angina, Pfeifersches Drüsenfieber.

	12.	13.	14.	15.	16.
vor	7,1	8,0	5,9	5,5	6,6
nach	6,3	7,3	5,8	5,8	6,1
Dauer	4′	6′	8′	10′	12′

Nach der ersten Bestrahlung sinkt der B. K. G., ebenso nach der 2., nach der 3. geringer Anstieg, nach der 4. wieder Abfallen des B. K. G. Der Endwert ist erniedrigt verglichen mit dem Anfangswert.

16. Kind, 1 Jahr alt, bestrahlt vom 17. 9.—8. 10. 31. Rachitis.

	17.	18.	19.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	28.
vor	9,9	9,1	8,6	7,9	10,3	9,7	7,7	8,2	7,4	8,3
nach	10,1	9,0	9,3	9,5	10,0	10,4	8,5	8,2	8,5	—
Dauer	4′	6′	8′	10′	12′	14′	16′	18′	20′	—

	29.	30.	1.	2.	3.	5.	6.	7.	8.
vor	9,4	9,4	9,3	8,9	9,0	9,5	10,9	8,5	7,1
nach	9,5	7,7	—	9,3	—	9,2	8,6	8,8	8,0
Dauer	22′	24′	—	26′	—	28′	30′	30′	30′

Höhensonnenerythem am 28. 9., 1. 10., 3. 10. 31.

Am Anfang der Bestrahlungskur zeigt sich eine Abnahme der Katalasewerte. Aber nach der 5. Bestrahlung ist der Anfangswert wieder erreicht. Von der 7. Bestrahlung an sind die Werte etwas erniedrigt. Vor der 14. Bestrahlung ist der B. K. G. am höchsten, fällt aber danach stark ab. Am Ende der Kur sind die Werte verglichen mit dem Anfangswert erniedrigt.

17. Kind, 7 Monate alt, bestrahlt vom 8. 12.—18. 12. 31. Rachitis, Keuchhusten.

	8.	9.	10.	11.	12.	16.	17.	18.
vor	5,9	6,0	5,3	6,6	6,4	6,2	6,0	7,2
nach	5,7	6,8	6.0	6,8	—	6,6	6,4	6,5
Dauer	6′	8′	10′	12′	—	18′	20′	22′

Nach der 2. Bestrahlung zeigt sich ein Anstieg des B. K. G., der aber am folgenden Tag wieder zurückgegangen ist. Am Ende der Bestrahlungen ist der B. K. G. verglichen mit dem Anfangswert etwas erhöht.

18. Kind, 1 Jahr 4 Monate alt, bestrahlt vom 5. 10.—17. 10. 31. Rachitis, Furunkulose. Höhensonnenbestrahlung mit gleichzeitiger Solluxbestrahlung.

	3.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	12.	13.	14.	15.	16.	17.
vor	5,9	6,8	7,1	6,9	5,8	6,8	7,4	6,2	6,3	6,2	5,8	5,8	6,0
nach	5,3	6,7	5,3	6,8	7,2	6,6	7,5	6,7	6,2	6,9	6,6	5,9	5,5
Dauer	4′	6′	8′	10′	12′	14′	16′	18′	20′	22′	24′	26′	28′

Nach der ersten Bestrahlung Abfall des B. K. G. Die Werte steigen aber dann täglich an bis zur 4. Bestrahlung. Am Ende der Kur ist der B. K. G. gleich dem Anfangswerte. Auffallend bei dieser Bestrahlung ist, daß nach jeder einzelnen Bestrahlung der B. K. G. sehr oft unverändert ist. Möglich ist, daß sich der Einfluß der gleichzeitigen Solluxbestrahlung geltend macht.

19. Kind, 1 Jahr 6 Monate alt, bestrahlt vom 22. 2.—3. 3. 32. Myotonia congenita.

	22.	23.	24.	26.	27.	29.	3.
vor	5,9	5,9	6,7	5,7	7,1	7,9	5,9
nach	6,9	6,4	5,9	5,2	6,3	5,2	3,7
Dauer	4′	8′	12′	18′	24′	26′	30′

Nach den ersten beiden Bestrahlungen steigt der B. K. G. jedesmal an, sinkt aber nach der 3. nach jeder Bestrahlung. Der Endwert ist nicht erhöht, vor der letzten Bestrahlung gleich dem Anfangswert.

20. Kind, 2 Jahre 3 Monate alt, bestrahlt: 1. vom 5.12.—23.12.31. Otitis media, Bronchitis. 2. vom 17. 2.—3. 3. 32.

1. Höhensonnenkur:

	5.	8.	9.	10.	11.	12.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	21.	22.	23.
vor	5,8	4,2	5,8	5,1	5,8	5,7	5,5	4,9	5,2	6,4	6,4	5,3	6,5	6,3	6,3
nach	5,7	4,2	6,5	5,0	5,8	5,7	5,1	5,1	4,8	4,9	5,6	5,4	7,0	6,2	6,4
Dauer	2′	6′	8′	10′	12′	14′	14′	16′	18′	20′	22′	24′	26′	28′	30′

Auffallend bei diesem Kinde ist, daß der Katalasegehalt sehr oft nach jeder einzelnen Bestrahlung fast unverändert bleibt, sich also refraktär verhält. Am Anfang der Kur erst eine geringe Abnahme des B. K. G. Mit der 5. Bestrahlung Anstieg, danach wieder Sinken. Nach der 13. Bestrahlung ist der B. K. G. am höchsten. Am Ende dieser Kur ist der Katalasewert etwas erhöht.

2. Höhensonnenkur:

	17.	18.	19.	20.	22.	23.	24.	26.	27.	29.	1.	3.
vor	7,1	7,7	7,3	8,5	7,6	6,4	7,1	7,0	10,0	9,6	—	7,4
nach	6,4	8,5	6,8	4,3	6,9	5,6	6,6	6,8	7,2	7,1	—	6,1
Dauer	6′	8′	16′	20′	30′	34′	38′	46′	48′	38′	—	30′

Höhensonnenerythem am 1. 3. 32.

Nach der ersten Bestrahlung geringe Abnahme des B. K. G. Nach der 2. Anstieg, sodann Sinken nach jeder einzelnen Bestrahlung bis zum Ende der Kur. An jedem darauffolgenden Tag ist der B. K. G. fast immer erhöht. Am Ende der Kur ist der B. K. G. kaum gestiegen.

21. Kind, 1 Jahr 6 Monate alt, bestrahlt vom 25. 2.—3. 3. 32. Hirnschaden, Tracheobronchitis.

	25.	26.	27.	29.	1.	2.	3.
vor	8,1	6,4	8,0	8,0	7,1	7,8	7,5
nach	8,8	6,9	8,3	7,4	7.1	8,0	7,4
Dauer	4′	6′	9′	12′	12′	15′	18′

Nach der ersten Bestrahlung Anstieg des B. K. B., der aber am nächsten Tage wieder gesunken ist. Nach der 2. Anstieg, ebenfalls nach der 3. Bestrahlung. Am Ende der Bestrahlungen ist der B. K. G. verglichen mit dem vor der Kur erniedrigt.

22. Kind, 9 Monate alt, bestrahlt vom 6. 2.—29. 2. 32. Schwere Zertrümmerung des Schädeldaches.

	6.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	15.	16.	17.
vor	5,7	9,1	8,8	7,7	7,7	7,8	7,7	7,8	5,8	5,9
nach	5,6	9,05	9,5	9,7	8,3	7,0	7,0	5,4	5,5	6,2
Dauer	3′	6′	6′	9′	12′	15′	18′	21′	21′	24′

	18.	19.	20.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	29.
vor	7,3	8,1	6,7	8,2	8,0	5,0	11,0	8,5	8,1	6,2
nach	7,2	8,7	8,0	7,2	5,5	4,7	7,8	7,2	6,5	7,1
Dauer	27′	30′	30′	30′	30′	30′	30′	30′	30′	30′

Nach der ersten Bestrahlung zeigt sich keine Veränderung des B. K. G., dann starker Anstieg vor der 2., der sich auch nach dieser Bestrahlung hält, am nächsten Tag aber etwas gesunken ist, um nach der 3. Bestrahlung wieder anzusteigen. Vor der 17. Bestrahlung ist der B. K. G. am höchsten, sinkt aber nach dieser Bestrahlung stark ab. Am Ende der Kur hat der B. K. G. den Anfangswert etwas überschritten.

23. Kind, 5 Monate alt, bestrahlt vom 6. 10.—24. 10. 31. Floride Rachitis, Furunkulose.

	6.	7.	8.	9.	12.	13.	14.	15.	16.	17.
vor	5,5	4,4	4,7	5,1	4,5	4,7	4,8	5,5	4,9	5,9
nach	7,7	5,3	5,1	4,7	5,4	5,0	5,8	5,6	6,5	5,0
Dauer	4′	6′	8′	10′	12′	14′	16′	18′	20′	22′

	19.	20.	21.	22.	23.	24.
vor	5,0	5,4	5,4	7,1	7,4	6,2
nach	5,6	7,0	—	6,7	7,1	7,1
Dauer	24′	26′	—	28′	30′	30′

Höhensonnenerythem nach der 4. und 12. Bestrahlung.

Gleich nach der ersten Bestrahlung zeigt sich eine Erhöhung des B. K. G., die aber am nächsten und den darauffolgenden Tagen nicht mehr vorhanden ist. Die Katalasewerte steigen erst wieder nach der 12. Bestrahlung an und halten sich bis zum Schlusse der Kur fast auf gleicher Höhe. Der Endwert ist verglichen mit dem Anfangswert erhöht.

24. Kind, 1 Jahr alt, bestrahlt vom 8. 2.—1. 3. 32.
Frühgeburt, Dystrophie, leichte Rachitis, Pharyngitis.

	8.	9.	10.	11.	12.	13.	15.	16.	17.	18.
vor	5,4	7,0	5,0	5,6	4,4	6,4	5,5	4,9	4,3	6,0
nach	4,5	6,8	8,8	8,7	5,6	6,2	7,4	5,9	5,4	6.0
Dauer	3′	6′	9′	12′	15′	18′	21′	21′	24′	24′

	19.	20.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	29.	1.
vor	5,0	5,9	5,2	5,2	6,0	8,1	6,1	8,0	4,3	6,3
nach	5,1	5,5	4,5	5,6	6,1	5,3	4,8	7,4	6,5	5,4
Dauer	27′	30′	30′	30′	30′	30′	30′	30′	30′	30′

Nach der ersten Bestrahlung fällt der B. K. G., ist aber am nächsten Tage vor der Bestrahlung erhöht. Nach der 3., 4., 5., 7., 8., 9. Bestrahlung steigt er jedesmal an. Am Ende der Kur nach der letzten Bestrahlung ist der B. K. G. gleich dem Anfangswert, vor der letzten Bestrahlung ist er etwas erhöht.

25. Kind, 10 Jahre alt, bestrahlt vom 15. 2.—26. 2. 32.
Pes planus.

	15.	16.	19.	22.	23.	26.
vor	9,5	6,6	6,9	7,4	8,0	7,8
nach	10,4	9,6	5,9	6,6	7,4	6,0
Dauer	10′	16′	18′	20′	22′	26′

Nach der ersten Bestrahlung Anstieg, dann starker Abfall am nächsten Tag, nach der 2. Bestrahlung geringer Anstieg. Nach den folgenden Bestrahlungen ist der B. K. G. jedesmal erniedrigt. Am Ende der Bestrahlkur ist der B. K. G. verglichen mit dem vor der Kur stark erniedrigt.

Was ist nun aus diesen Untersuchungen zu entnehmen? Bei welchen Kindern machte sich ein positiver oder negativer Einfluß auf die Höhe des Blutkatalasegehaltes geltend, und bei welchen trat keine Veränderung des Blutkatalasegehaltes ein?

1. Bei folgenden Kindern war am Anfang der Bestrahlkur ein Anstieg des Blutkatalasegehaltes zu verzeichnen. (Gemessen vor der ersten und der angegebenen Bestrahlung.)

Kind	3.	gesund	von	4,9	bis	7,3	vor der	4.	Bestrahlung
„	4.	„	„	6,3	„	6,7	„ „	2.	„
„	5.	„	„	4,5	„	6,9	„ „	4.	„
„	6.	„	„	4,9	„	7,3	„ „	4.	„
„	7.	„	„	6,7	„	9,2	„ „	3.	„
„	10.	Angina	„	5,4	„	5,7	„ „	4.	„
„	11.	Rachitis	„	7,5	„	8,9	„ „	3.	„
„	12.	Haemangiom	„	5,2	„	7,3	„ „	3.	„
„	13.	Rachitis	„	4,1	„	5,5	„ „	2.	„
„	15.	Angina	„	7,1	„	8,0	„ „	2.	„
„	18.	Rachitis	„	5,9	„	7,1	„ „	3.	„
„	20.	(2) Otitis	„	7,1	„	7,7	„ „	2.	„
„	22.	Trauma des Schädels	„	4,7	„	9,1	„ „	2.	„
„	24.	Rachitis	„	5,4	„	7,0	„ „	2.	„

Kranke und gesunde Kinder mit einem Blutkatalasegehalt unter 6,5 (nach einer Stunde Reaktionsdauer gemessen) zeigten nach den ersten Bestrahlungen eine Erhöhung ihrer Katalasewerte.

2. Bei folgenden Kindern war am Anfang der Bestrahlkur eine Verminderung des Blutkatalasegehaltes zu verzeichnen.

Kind	1.	gesund	von	8,8	bis	6,2	vor der	6.	Bestrahlung
„	2.	„	„	8,6	„	6,4	„ „	3.	„
„	8.	„	„	11,5	„	8,6	„ „	3.	„
„	9.	Dystrophie	„	6,9	„	5,8	„ „	2.	„
„	16.	Rachitis	„	9,9	„	7,9	„ „	4.	„
„	20.	(1) Otitis	„	5,8	„	4,2	„ „	2.	„
„	21.	Hirnschaden	„	8,1	„	6,4	„ „	2.	„
„	23.	Rachitis	„	5,5	„	4,4	„ „	2.	„
„	25.	Pes planus	„	9,5	„	6,5	„ „	2.	„

Kranke und gesunde Kinder mit einem Blutkatalasegehalt über 6,5 zeigten nach den ersten Bestrahlungen eine Verminderung ihrer Katalasewerte.

Ein Unterschied zwischen dem Blutkatalasegehalt von gesunden und kranken Kindern, die von mir untersucht wurden, konnte nicht festgestellt werden.

3. Bei folgenden Kindern änderte sich am Anfang der Bestrahlkur der Blutkatalasegehalt nicht.

Kind	14.	Primäre Tbc.	von	6,3	bis	6,4	vor der	2.	Bestrahlung
„	17.	Keuchhusten	„	5,9	„	6,0	„ „	2.	„
„	19.	Myotonie	„	5,9	„	5,9	„ „	2.	„

Gesunde und kranke Kinder mit einem Blutkatalasegehalt um 6,5 herum änderten ihren Katalasewert nach den ersten Bestrahlungen nicht.

4. Am Ende der Bestrahlkur vor der letzten Bestrahlung zeigten folgende Kinder einen erhöhten Katalasewert.

A. = Anfangswert. E. = Endwert.

Kind	2.	gesund	A.	8,6	E.	9,2	Anzahl	der	Bestrahlungen	12
„	3.	„	„	4,9	„	9,3	„	„	„	12
„	4.	„	„	6,3	„	10,1	„	„	„	18
„	5.	„	„	4,5	„	8,6	„	„	„	11
„	6.	„	„	4,9	„	5,4	„	„	„	11

Kind	7.	gesund	A. 6,7	E. 8,8	Anzahl	der	Bestrahlungen	9
„	10.	Angina	„ 5,4	„ 5,8	„	„	„	8
„	12.	Haemangiom	„ 5,2	„ 7,3	„	„	„	3
„	13.	Rachitis	„ 4,1	„ 5,8	„	„	„	15
„	17.	Keuchhusten	„ 5,9	„ 7,2	„	„	„	8
„	20.	(1) Otitis	„ 5,8	„ 6,3	„	„	„	15
„	22.	Trauma des Schädels	„ 5,7	„ 6,2	„	„	„	20
„	23.	Rachitis	„ 5,5	„ 6,2	„	„	„	15
„	24.	„	„ 5,4	„ 6,3	„	„	„	20

Kranke und gesunde Kinder mit einem Blutkatalasegehalt unter 6,5 zeigten am Ende der Bestrahlkur vor der letzten Bestrahlung einen erhöhten Katalasewert. Die Bestrahldauer war fast bei jedem Kind verschieden.

5. Am Ende der Bestrahlkur vor der letzten Bestrahlung zeigten folgende Kinder keine Veränderung ihres Blutkatalasegehaltes.

Kind	1.	gesund	A. 8,8	E. 8,9	Dauer	der	Kur	12 Bestrahlungen
„	14.	Tbc.	„ 6,3	„ 6,4	„	„	„	2 „
„	18.	Rachitits	„ 5,9	„ 6,0	„	„	„	13 „
„	19.	Myotonie	„ 5,9	„ 5,9	„	„	„	7 „

Kranke und gesunde Kinder mit einem Blutkatalasegehalt um 6,5 herum zeigten am Ende der Bestrahlkur vor der letzten Bestrahlung keine Veränderung ihres Katalasewertes.

6. Am Ende der Bestrahlkur vor der letzten Bestrahlung zeigten folgende Kinder einen erniedrigten Katalasewert verglichen mit dem Anfangswert.

Kind	8.	gesund	A. 11,5	E. 8,6	Dauer	der	Kur	3 Bestrahlungen
„	9.	Rachitis	„ 6,9	„ 5,8	„	„	„	6 „
„	11.	Rachitis	„ 7,5	„ 6,6	„	„	„	6 „
„	15.	Angina	„ 7,1	„ 6,6	„	„	„	5 „
„	16.	Rachitis	„ 9,9	„ 7,1	„	„	„	16 „
„	21.	Hirnschaden	„ 8,1	„ 7,5	„	„	„	7 „
„	25.	Pes planus	„ 9,5	„ 7,8	„	„	„	6 „

Kranke und gesunde Kinder mit einem Blutkatalasegehalt über 6,5 zeigten am Ende der Bestrahlkur vor der letzten Bestrahlung einen erniedrigten Katalasewert.

7. Am Ende der Bestrahlkur nach der letzten Bestrahlung zeigten folgende Kinder einen erhöhten Katalasewert, verglichen mit dem Anfangswert vor Beginn der Kur.

Kind	2.	gesund	A. 8,6	E. 9,3	Dauer	der	Kur	12 Bestrahlungen
„	3.	„	„ 4,9	„ 10,1	„	„	„	12 „
„	4.	„	„ 6,3	„ 10,4	„	„	„	18 „
„	5.	„	„ 4,5	„ 8,7	„	„	„	11 „
„	6.	„	„ 4,9	„ 6,0	„	„	„	11 „
„	7.	„	„ 6,7	„ 9,2	„	„	„	9 „
„	10.	Angina	„ 5,4	„ 5,7	„	„	„	8 „
„	12.	Haemangiom	„ 5,2	„ 6,6	„	„	„	3 „
„	13.	Rachitis	„ 4,1	„ 5,4	„	„	„	15 „
„	17.	„	„ 5,9	„ 6,5	„	„	„	8 „
„	20.	(1) Otitis	„ 5,8	„ 6,4	„	„	„	15 „
„	22.	Schädeltrauma	„ 5,7	„ 7,1	„	„	„	20 „
„	23.	Rachitis	„ 5,5	„ 7,1	„	„	„	15 „

Gesunde und kranke Kinder mit einem Blutkatalasegehalt unter 6,5 zeigten ein Ansteigen des Katalasegehaltes am Ende der Bestrahlkur nach der letzten Bestrahlung.

8. Am Ende der Bestrahlkur nach der letzten Bestrahlung zeigten folgende Kinder keine Veränderung ihrer Katalasewerte.

Kind	1.	gesund	A.	8,8	E.	9,0	Dauer der Kur	12	Bestrahlungen
„	14.	Tbc.	„	6,3	„	6,5	„ „ „	2	„
„	24.	Rachitis	„	5,4	„	5,4	„ „ „	20	„

Gesunde und kranke Kinder mit einem Blutkatalasegehalt um 6,5 herum zeigten am Ende der Bestrahlkur nach der letzten Bestrahlung keine Veränderung ihres Katalasewertes.

9. Am Ende der Bestrahlkur nach der letzten Bestrahlung waren die Katalasewerte bei folgenden Kindern verglichen mit dem Anfangswerte vor der Kur erniedrigt.

Kind	8.	gesund	A.	11,5	E.	8,6	Dauer der Kur	3	Bestrahlungen
„	9.	Dystrophie	„	6,9	„	9,6	„ „ „	6	„
„	11.	Rachitis	„	7,5	„	6,1	„ „ „	6	„
„	15.	Angina	„	7,1	„	6,1	„ „ „	5	„
„	16.	Rachitis	„	9,9	„	8,0	„ „ „	16	„
„	18.	„	„	5,9	„	5,5	„ „ „	13	„
„	19.	Myotonie	„	5,9	„	3,7	„ „ „	7	„
„	20.	(2) Otitis	„	7,1	„	6,1	„ „ „	11	„
„	21.	Hirnschaden	„	8,1	„	7,4	„ „ „	7	„
„	25.	Pes planus	„	9,5	„	6.0	„ „ „	6	„

Gesunde und kranke Kinder mit einem Blutkatalasegehalt über 6,5 zeigten am Ende der Kur nach der letzten Bestrahlung einen erniedrigten Katalasewert im Vergleich zum Anfangswert vor der Kur.

10. Beziehungen zwischen dem Auftreten des Höhensonnenerythems und dem Steigen oder Fallen des Blutkatalasegehaltes konnten nicht festgestellt werden, wie aus einigen Beispielen zu ersehen ist.

Bei Kind 4 mit einem B. K. G. von 6,3 vor der Kur stieg auch nach dem Höhensonnenerythem nach der 5. Bestrahlung der B. K. G. noch weiter an, ebenso bei Kind 5 mit einem B. K. G. von 4,5 und bei Kind 16 mit einem B. K. G. von 9,9 vor der Bestrahlung. Bei Kind 11 mit einem B. K. G. von 7,5 vor der Bestrahlung trat nach der 4. Bestrahlung, nach der der höchste B. K. G. während der ganzen Bestrahlkur gemessen wurde, das Erythem auf. Bei Kind 23 mit einem B. K. G. von 5,5 vor der Kur stieg nach dem Höhensonnenerythem der Katalasewert nicht mehr an, er war sogar im Vergleich zum Anfangswert erniedrigt.

Man kann also nicht aus dem Steigen oder Fallen der Blutkatalasewerte auf das Auftreten des Höhensonnenerythems schließen.

11. Tagesschwankungen des Blutkatalasegehaltes bei einem bestrahlten Kinde.

Kind 23. 22. 10. 31 13. Bestrahlung, Dauer: 28′.

9.00	7,4	vor der Bestrahlung
9.30	7,1	nach der Bestrahlung
10.00	6,9	½ Stunde nach der Bestrahlung
11.00	6,4	1½ „ „ „ „
12.00	5,6	2½ „ „ „ „
15.00	7,0	5½ „ „ „ „
16.00	7,3	6½ „ „ „ „
17.00	6,8	7½ „ „ „ „
18.00	6,3	8½ „ „ „ „
19.00	6,4	9½ „ „ „ „

Kind 13. 17. 9. 31 2. Bestrahlung, Dauer 8′.

9.15	5,5	vor der Bestrahlung
9.30	5,3	nach der Bestrahlung
10.00	5,7	½ Stunde nach der Bestrahlung
10.30	5,3	1 „ „ „ „
11.00	5,1	1½ „ „ „ „
14.00	5,5	4½ „ „ „ „
14.30	4,9	5 „ „ „ „
16.00	5,3	6½ „ „ „ „

Aus diesen Tabellen ist ersichtlich, daß der Katalasegehalt des Blutes bestrahlter Kinder denselben Schwankungen unterworfen ist im Laufe des Tages, wie der unbestrahlter.

Zusammenfassung.

Es wurden Untersuchungen über die Empfindlichkeit der Blutkatalase bei Kindern durch Höhensonnenbestrahlung angestellt.

Gefunden wurde:

1. Die Höhensonnenbestrahlung hat auf die Blutkatalase in vivo einen deutlich nachweisbaren Einfluß.
2. Die Bestimmung der Blutkatalasewerte vor und nach den Bestrahlungen ist als Meßmethode der Empfindlichkeit gegen U. V. Strahlen zu verwerten.
3. Kinder mit einem Blutkatalasegehalt unter 6,5 zeigten nach den ersten Bestrahlungen eine Erhöhung ihrer Katalasewerte.
4. Bei einem Blutkatalasewert um 6,5 herum änderte sich nach den ersten Bestrahlungen der Katalasewert nicht oder kaum.
5. Bei einem Blutkatalasewert über 6,5 zeigte sich nach den ersten Bestrahlungen eine Verminderung des Katalasewertes.
6. Bei einem Blutkatalasegehalt unter 6,5 zeigte sich am Ende der Bestrahlkur ein erhöhter Katalasewert im Vergleich zu dem vor der Kur.
7. Ein Blutkatalasegehalt um 6,5 herum zeigte am Ende der Bestrahlkur einen Katalasewert, der gleich dem vor der Kur war.
8. Bei einem Blutkatalasegehalt über 6,5 wurde nach der Bestrahlkur eine Verminderung des Katalasewertes festgestellt.
9. Das Auftreten des Höhensonnenerythems steht in keinem Verhältnis zum Steigen oder Sinken des Blutkatalasegehaltes.

Wie lassen sich nun diese Befunde für die therapeutischen Bestrahlungungen praktisch verwerten? Sind sie tatsächlich der Ausdruck der Empfindlichkeit gegen U. V. Strahlen?

Bisher diente als Maß für die zulässige Bestrahldauer das nach der Bestrahlung auftretende Erythem. Durch Temperatursteigerungen und durch Gewichtsabnahme wurde man erst nach den Betrahlungen darauf aufmerksam gemacht, daß man die Strahlendosis stark überschritten hatte. Diese Schwierigkeit der genauen Dosierung der U. V. Strahlen wird noch durch individuell verschiedene Empfindlichkeit der Kinder diesen Strahlen gegenüber erhöht. Man weiß bis ietzt noch nicht, ob man überhaupt bestrahlen darf, wieviel man geben darf, wann man mit

der Bestrahlung aufhören muß, um das Optimum der U. V. Strahlen-einwirkung nicht durch fortgesetzte Bestrahlkur wieder zu vernichten, und wann man wieder mit dem Bestrahlen anfangen darf. Vor einer rationellen Strahlentherapie kann also zur Zeit noch keine Rede sein. Als weitere Unannehmlichkeit kommt noch hinzu, daß die Brennstärke der Quarzlampe mehr oder weniger schnell abnimmt. Zwei Faktoren sind also zu berücksichtigen, einmal die Strahlenempfindlichkeit des Individuums und dann die Strahlenintensität des Quarzbrenners.

Zur Beurteilung und zur Messung der Qualität und Intensität der Strahlenquelle ist eine einfache und genaue Untersuchungsmethode nötig. Durch zahlreiche Untersuchungen von Koeppe, der feststellte, daß eine gleichmäßige Zufuhr von Strahlenenergie eine vollkommen gleichmäßige Zersetzung des Wasserstoffsuperoxyds bewirkt, sind die Grundlagen für eine rein physikalische Messung der U. V. Strahlen gegeben.

Wie sind die Untersuchungsergebnisse über die Empfindlichkeit gegen U. V. Strahlen durch Bestimmung der Blutkatalase zu verwerten? Nach der Arbeitshypothese von Koeppe haben wir auch in der Katalase einen Speicher für Strahlenenergie; ihre wesentliche Eigenschaft ist neben der Fähigkeit, Strahlenenergie zu absorbieren, besonders die, möglichst viel in sich aufzunehmen und diese aufgespeicherte Energie nur unter bestimmten Bedingungen und Voraussetzungen abzugeben.

Fassen wir einen hohen Katalasewert als vorteilhaft auf, so müssen wir Blut mit einem geringen Katalasegehalt als besserungsbedürftig ansehen und können die Besserung bei solchen Kindern durch Bestrahlung erzielen. Denn Kinder mit einem B. K. G. unter 6,5 zeigten nicht nur am Anfang der Bestrahlungen, sondern auch am Ende der Kur eine erhebliche Erhöhung. Bei Kindern mit einem Katalasegehalt um 6,5 herum ist die Notwendigkeit einer Bestrahlkur als fraglich anzusehen. Bei Kindern mit einem hohen Katalasewert erscheint eine Bestrahlkur überflüssig, unter Umständen vielleicht sogar schädlich. Zur Frage, ob man überhaupt bestrahlen darf, ist folgendes zu sagen. Bei einem niedrigen Katalasegehalt soll man es tun, bei einem hohen aber unterläßt man es besser. Während der Bestrahlung erlauben uns wiederholte Katalasebestimmungen vor und nach ein Urteil, über den Erfolg bei ansteigendem Katalasewert, dagegen rät ein Fallen des Katalasewertes zum Abbrechen der Bestrahlkur.

Am Schlusse meiner Arbeit möchte ich Herrn Prof. Dr. Koeppe meinen herzlichsten Dank aussprechen für die vielseitigen Anregungen und das große Interesse, das er meiner Arbeit entgegengebracht hat.

Literaturverzeichnis.

1. Schönbein: Journal f. prakt. Chemie 89. 1835, 325.
2. Berzelius: Berl. Akadem. Jahresber., 1841, 379.
3. O. Loew: U. S. Dep. of Agriclt. Rep. No. 68, 1901 und Ber. d. dtsch. Chem.-Ges. 1902, 35, 276.
4. Bredig: Anorganische Fermente. Engelmann 1901.
5. Wilh. Ostwald: Nach Bredig s. 38.
6. Senter: Das wasserstoffsuperoxydzersetzende Enzym des Blutes. Ztschr. f. physikalische Chemie 44. 1903.
7. Jolles: Katalysatoren vom physiologisch-chemischen Standpunkte. Wien 1905.
8. Jolles und Oppenheim: Beiträge zur Kenntnis der Blutfermente. Virchows Archiv f. path. Anat. und Physiologie und f. klin. Med. 180 Bd. 1905.
9. von Dalmaday und von Torday: Die Zersetzung des Wasserstoffsuperoxyds durch das Blut. Wiener klin. Wschr. XX. 16. 1907.
10. Schellhase: Über die Katalase der Milch. Diss. Gießen, 1906.
11. Terhechte: Über die Katalase des Blutes. Diss. Gießen, 1922.
12. Heyse: Über die Messung der Katalase des Blutes. Diss. Gießen, 1922.
13. Bach und Zubkowa: Über die Fermentzahlen des Blutes. Biochem. Ztschr. Bd. 125 u. 145. 1921.
14. Neinens: Katalase im Blut vor und nach Bestrahlung mit künstlicher Höhensonne in vitro und in vivo. Diss. Gießen, 1923.
15. Peemöller und Franke: Strahlentherapie, 1925. 21.
16. Bischoff: Über die katalytische Wirkung des Blutes mit besonderer Berücksichtigung des Kindesalters. Arch. f. Kinderh. 3. 82. 1927.
17. Goltzow: Beitrag zur Katalasebestimmung. Berichte über die gesamte Physiologie 1928.
18. Schmitt: Über die Katalase des Blutes. Diss. Gießen, 1928.
19. Jost: Zur Methodik der Bestimmung der Blutkatalase. Diss. Gießen, 1929.
20. Plessner: Über die Abhängigkeit der Wirkung der Blutkatalase von der Konzentration der dabei verwendeten Wasserstoffsuperoxydlösungen. Diss. Gießen, 1929.
21. Hinze: Abhängigkeit der Katalasewirkung des Blutes von der Temperatur. Diss. Gießen, 1930.
22. Oppenheimer: Die Fermente und ihre allgemeine biologische Bedeutung. Dtsch. Med. Wschr. 1930. Nr. 46, 50.
23. Euler: Chemie der Enzyme. I. 1930. 201.
24. Pinkussen: Photobiologie, Thieme-Leipzig 1930.
25. Koeppe: U.V. Strahlen und Katalase. Archiv f. Kinderh. 89. Bd. Heft 1/2.
26. Koeppe: Die Wasserstoffsuperoxyzersetzung durch Blutkatalase als klinische Untersuchungsmethode. Münch. Med. Wschr. 1931. 39. 1642.
27. Koeppe: Archiv f. Kinderh. 1927. 81. 136.
28. Müller: Über die Katalase des Blutes. Beitrag zur Methodik der Messung der Katalasewirkung. Diss. Gießen, 1931.
29. Bingold: Folia Haematoligica, 1930. 42. 2.
30. Stindt: Die Katalase des Blutes beim Kind. Diss. Gießen, 1932.
31. Macht: Über die Durchgängigkeit der U. V. Strahlen durch die Haut. J. amer. med. Assoc. 90, 161. 1928.
32. Agulhon: Ann. Inst. Pasteur. 26, 38. 1912.

33. Wäntig und Steche: Ztschr. physiol. Chemie 76. 177. 1912.
34. Castagna: Z. Ber. d. ges. Physiol. 1926. Bd. 36 (spanisch).
35. Skworzow, Iljina und Melentjewa: Z. Ber. d. ges. Physiol. 1926. Bd. 36 (russisch).
36. Török: Über die katalytische Wirkung des Säuglingsblutes. Z. nach Zentralblatt f. ges. Kinderh. 1926. 20 (ungarisch).
37. Wo, Ostwald: Biochem. Zeitschr. 6. 409. 1907.
38. Zeller, Jodlbauer: Biochem. Zeitschr. 8. 84. 1908.
39. Battelli, Stern: Soc. Biol. 68. 1040. 1910.
40. Morgulis, Sergius: Amer. J. Physiol. 90. 455. 1929.
41. Rigoni und Mario: (Istit. di Fisiol, Univ. Padova) Arch. di Fisio 28. 482. 1930. Jahreszeitliche Schwankungen der Blutkatalase.
42. Nissen: Ztschr. f. Klin. Med. 92. 1. 1921.
43. Prawdicz und Neminski: Die physiologischen Schwankungen der Katalase im Blute des Menschen. Bioch. Ztschr. 192. 144. 1928.
44. Fukujama: Die Katalasezahl des Blutes beim gesunden und kranken Säugling. Mschr. f. Kinderh. 40. 441. 1928.
45. von Krüger: Zur Frage nach dem Katalasegehalt des Blutes verschiedener Kapillargebiete. Ztschr. exper. Med. 64. 680. 1929.
46. Pohle: Standardization of ultraviolet Rays. The journal of the American Medical Assoc. 1926. Vol. 86.
47. Finkenrath: Die Wichtigkeit der Dosierung für den Heilerfolg in der Lichtbehandlung. Berl. Klinik, 1928.
48. A. Bach: Die langsame Verbrennung und die Oxydationsfermente. Fortschr. d. naturwissenschaftl. Forschung (Abderhalden) I. 1910. 85.
49. Wieland: Ergebnisse der Physiol. 20. 447. 1922.
50. Wieland und Fischer: Ber. d. dtsch. chem. Ges. 9. 1180. 1926.
51. Warburg: Ergebnisse der Physiol. 14. 253. 1914.
52. Warburg: Biochem. Ztschr. 136. 226. 1923.
53. Alexeev: Biochem. Ztschr. 173. 433. 1926.
54. Alexeev: Biochem. Ztschr. 192. 40. 1928.
55. E. Bach: Biochem. Ztschr. 227. 221. 1930. Über die Bestimmung des Katalasegehaltes des Blutes.

Lebenslauf.

Ich, Wilhelm Bausch, wurde am 8. April 1909 in Darmstadt geboren. Ostern 1915 trat ich in die Vorschule des Neuen Gymnasiums zu Mainz ein, Ostern 1918 in die Sexta des Neuen Gymnasiums zu Mainz. Vom Juli 1918 ab besuchte ich das Landgraf-Ludwig-Gymnasium zu Gießen und bestand dort am 17. Febr. 1927 die Reifeprüfung. Vom Sommersemester 1927 widmete ich mich dem Studium der Medizin in Gießen und bestand im Herbst 1929 hier das Physikum. Im Wintersemester 1929/30 studierte ich in München, vom Sommersemester 1930 wieder in Gießen und bestand am 6. 12. 1932 das ärztliche Staatsexamen.